

## Listes des cas de résistances aux produits de protection des plantes détectés en France

### Contexte

La gestion des résistances aux PPP est un enjeu majeur pour la protection des plantes car elle contribue à limiter les traitements inefficaces ou de rattrapage et donc à mettre en œuvre le Plan Écophyto. Une gestion optimale des résistances nécessite d'intégrer des informations multiples (par exemple : la dynamique de la résistance, les mécanismes impliqués, la fréquence des bioagresseurs résistants sur le territoire concerné...). Elle doit intégrer les spécificités propres à chaque cas de résistance afin de permettre l'élaboration des stratégies les plus efficaces et pertinentes. Or, ces informations ne sont pas toujours accessibles aux gestionnaires de la résistance, car, par exemple, contenues dans des articles scientifiques complexes, ou relevant de l'information "privée" non publiée. De ce fait, elles ne sont pas toujours disponibles en temps réel, et/ou avec un degré de précision suffisant.

Les listes proposées par R4P dans ce document présentent les connaissances actuelles sur les cas de résistance aux PPP publiés pour la France. Elles visent à contribuer à une utilisation plus durable des PPP par les filières, en permettant l'optimisation des recommandations. La sensibilité aux PPP est en effet un bien commun qu'il est nécessaire de préserver le plus longtemps possible.

### Méthodologie

Les listes des cas de résistance ont été construites à partir de diverses sources :

- Données expérimentales produites par les laboratoires de l'INRA et de l'Anses (voir également la compilation des rapports techniques sur ce site web) ou les laboratoires privés
- Littérature française ou étrangère, scientifique ou de vulgarisation

Chaque cas présenté concerne un "trinôme" bioagresseur / mode d'action / culture, pour lequel la résistance a été confirmée par des tests de sensibilité biologiques appropriés (*i.e.* au moins un individu résistant a été validé comme tel par un laboratoire compétent). **Les suspicions de résistances non validées scientifiquement ne sont pas présentées.**

Les cas de résistance listés dans ces documents concernent uniquement la France, principalement métropolitaine. Quelques cas détectés dans les DOM et TOM sont également cités mais restent minoritaires, faute de sources documentaires. **Les cas similaires détectés dans d'autres pays que la France ne sont pas répertoriés.**

Un membre de R4P est associé en tant qu'expert référent à chaque cas listé, ainsi que des publications significatives, de préférence en français. Les références complètes des publications, ainsi que les fichiers libres de droits, sont consultables sur la page « Documentation » du site R4P.

Enfin, les listes présentent indépendamment les cas de résistance répertoriés vis à vis des fongicides, insecticides, acaricides, et pour les substances actives actuellement homologuées en France (Liste I) et pour les substances actives anciennement homologuées en France (Liste II).

## Légendes

Colonne	Description
<b>Section "Fongicide/Insecticide/Acaricide/Herbicide"</b>	
<i>Mode d'action</i>	Mode d'action biochimique de la substance active ou du groupe de substances actives concernée(s) par la résistance, formulé selon la classification R4P.
<i>Cible</i>	Cible biochimique (protéine cible) du groupe de substances actives concernée(s) par la résistance. <i>NB : Pour plus de détail sur les cibles et modes d'action, se référer à la classification universelle des PPP proposée par R4P sur ce site web.</i>
<i>Groupe R4P</i>	Code correspondant au groupe de la ou des substance(s) active(s) concernée(s) par la résistance, dans la classification universelle des PPP de R4P.
<i>Groupe autre que R4P</i>	Code correspondant au groupe de la ou des substance(s) active(s) concernée(s) par la résistance, dans la classification FRAC ( <a href="http://www.frac.info/">http://www.frac.info/</a> ), IRAC ( <a href="http://www.irac-online.org/">http://www.irac-online.org/</a> ), HRAC ( <a href="http://www.hracglobal.com/">http://www.hracglobal.com/</a> ), WSSA ( <a href="http://wssa.net/">http://wssa.net/</a> ) ou selon Fourouzes et al., 2015 (Weed Research 55:334-358).
<i>Abréviation</i>	Pour les listes fongicides. Abréviation usuellement utilisée pour désigner la classe chimique (source R4P).
<i>Classe chimique (R4P ou autre)</i>	Nom de la classe chimique à laquelle apparten(n)ent la substance active, ou le groupe de substances actives, concernée(s) par la résistance, selon la classification R4P ou une classification alternative. Une classification chimique détaillée est disponible sur ce site web (classification universelle des pesticides R4P).
<i>Substances actives</i>	Substance(s) active(s) concernée(s) par la résistance, au champ ou au laboratoire. Des substances actives non listées peuvent être concernées par la résistance, en particulier pour le même mode d'action. Lorsqu'un grand nombre de substances sont concernées, des informations complémentaires peuvent être présentes. Des informations détaillées sur les résistances croisées positives et négatives sont disponibles dans la classification universelle des pesticides R4P présentée dans ce site web.
<b>Section "Pathogène/Insecte/Acarien/Adventice"</b>	
<i>Bioagresseur/Maladie</i>	Nom vernaculaire du bioagresseur ou de la maladie concerné(e) par la résistance.
<i>Nom scientifique</i>	Nom latin de l'organisme concerné par la résistance.
<i>Code OEPP</i>	Code (acronyme) universel du bioagresseur attribué par l'OEPP ( <a href="https://gd.eppo.int/">https://gd.eppo.int/</a> ).
<i>Culture</i>	Culture concernée par le cas de résistance. Certaines cultures peuvent être regroupées (ex. « céréales ») pour les bioagresseurs généralistes. VTH: Variété Tolérante aux Herbicides.
<i>Statut de la résistance</i>	« + » indique que la résistance en pratique (perte partielle ou totale de l'efficacité au champ du PPP utilisés dans les conditions optimales) est possible. Elle dépend en particulier de la fréquence des individus résistants dans les populations locales.

	«(+)» indique les cas de résistance biologique, identifiés en laboratoire et pour lesquelles aucune perte d'efficacité n'a (encore) été décrite au champ.
<i>Commentaires</i>	<p>Commentaire indiquant la prévalence (<i>i.e.</i> la proportion de parcelles concernées par la résistance) et/ou la fréquence de la résistance (<i>i.e.</i> la proportion d'individus résistants dans les populations), selon l'état des lieux des connaissances.</p> <p>Des informations sur la localisation géographique du cas de résistance peuvent être détaillées lorsque la distribution n'est pas homogène, où lorsque la résistance est émergente.</p> <p>ARA: Auvergne-Rhône-Alpes; BFC: Bourgogne-Franche-Comté; BZH: Bretagne; COR: Corse; CVL: Centre-Val de Loire; GES: Grand Est; HDF: Hauts de France; IDF: Ile de France; NAQ: Nouvelle Aquitaine; NOR: Normandie; OCC: Occitanie; PAC: Provence-Alpes-Côtes d'Azur; PDL: Pays de Loire.</p> <p>Des informations sur le coût de la résistance peuvent être ajoutés, pour les cas de résistance s'accompagnant d'une moindre compétitivité des individus résistants, ce qui peut conduire à une réduction de la dynamique d'évolution de la résistance. Diverses informations complémentaires (notamment sur les résistances croisées) peuvent enfin être ajoutées.</p>
<i>Intensité de la résistance</i>	<p>Pour les listes fongicides.</p> <p>Estimation du facteur de résistance :</p> <p>LR : résistance d'intensité faible</p> <p>MR : résistance d'intensité moyenne</p> <p>HR : résistance d'intensité forte.</p>
<i>Type de résistance</i>	<p>RLC : Résistance Liée à la Cible (+ nom de la mutation, si connue)</p> <p>RLNC : Résistance Non Liée à la Cible (+ détails si connus).</p> <p><i>Pour plus d'informations sur les mécanismes de résistance aux PPP, consulter la publication R4P (2016) Trends in Plant Science.</i></p> <p>Inconnu : Mécanisme de résistance non élucidé</p>
<i>Premier cas en France</i>	Année de prélèvement de l'échantillon le plus ancien dans lequel une résistance a été détectée. Peut être approximatif pour les résistances anciennes.
<b>Section "Information"</b>	
<i>Personne de référence</i>	Nom de la personne pouvant fournir des informations sur le cas de résistance.
<i>Références</i>	Références décrivant le cas de résistance en France (dynamique, mécanisme, phénotype etc...). Peuvent inclure des publications étrangères apportant des compléments d'information (en particulier, sur le mécanisme).
<i>Mise à jour</i>	Date de mise à jour des informations concernant le cas de résistance

### Remerciements

R4P remercie chaleureusement Pierre Leroux, Christian Gauvrit, Robert Delorme et Annie Micoud qui ont largement participé à compléter ces listes, ainsi que Evelyne Martin pour son aide précieuse lors de la gestion de la base de données bibliographique.

Les lecteurs sont invités à indiquer toute erreur ou oubli dans ces listes, à l'adresse suivante : [contact-r4p@inra.fr](mailto:contact-r4p@inra.fr)

Fongicide								Pathogène									Information		
Mode d'action	Cible	Groupe R4P	Groupe FRAC 1	Groupe FRAC 2	Abréviation du groupe	Classe chimique R4P	Substances actives	Nom commun	Nom scientifique	Code OEPP	Culture	Statut de la résistance	Commentaires	Intensité de la résistance	Mécanisme de résistance	Année de première détection	Contact	Références	Update
Respiration mitochondriale et production d'énergie cellulaire	Complexe II mitochondrial	A2a	C2	7	SDHI	Oxathiin-carboxamides	oxycarboxine	Rouille blanche	<i>Puccinia horiana</i>	PUCCHN	Chrysanthème	(+)	Distribution inconnue. Pas d'échantillonnage récent.	HR	inconnu	1970s	INRAE Grignon - AS Walker	Grouet et al, 1981	30/11/17
Respiration mitochondriale et production d'énergie cellulaire	Complexe III: fixation sur le site Qo, proche de thème bl	A5	C3	11	QoI-P	Strobilurines	nombreuses	Pourriture grise	<i>Botrytis cinerea</i>	BOTRCI	Vigne	(+) pas de traitement spécifique	Résistance présente dans tous les vignobles, à forte fréquence. Sélection non intentionnelle par les traitements visant d'autres maladies foliaires.	HR	RLC cytb-G143A	< 2007	INRAE Grignon	Leroux et al, 2010	30/11/17
Mitochondrial respiration and energy supply	Complexe mitochondrial V ou ATP synthase	A9	C6	30	ATPSI	Organostanniques	fentine-hydroxyde	Cercosporiose	<i>Cercospora beticola</i>	CERCBE	Sugar beet	(+)	Présente dans toutes zones de production, at fréquence faible à moyenne en 2020, malgré un retrait d'homologation ancien.	HR	inconnu	Détecté en 2019 mais présence probable depuis 1980s	INRAE Grignon - AS Walker	Rapport du projet RECIFE (2020)	29/06/20
Divisions et cystosquelette cellulaire	Microtubules - beta-tubuline	K2b	B1	1	-	Benzimidazoles (MBC)	carbendazime	Aschocytose	<i>Aschochyta spp</i>	ASCOFA	Pois	+	Pas de données récentes	HR	RLC	1993	INRAE Grignon - A. S. Walker	Allard et al, 1993	30/11/17
Divisions et cystosquelette cellulaire	Microtubules - beta-tubuline	K2b	B1	1	-	Benzimidazoles (MBC)	carbendazime	Pourriture sèche	<i>Gibberella pulicaris</i>	GIBBPU	Pomme de terre	+	Pas de données récentes	HR	RLC	80s	INRAE Grignon - A. S. Walker	Daami-Remadi et al, 2006	30/11/17
Divisions et cystosquelette cellulaire	Microtubules - beta-tubuline	K2b	B1	1	-	Benzimidazoles (MBC)	carbendazime	Piétin-verse	<i>Oculimacula acuformis</i>	PSDCHA	Céréales	+	Résistance présente dans toutes les régions céréalières, à fréquence moyenne à forte.	HR	RLC tub2-E198A	80s	INRAE Grignon - A. S. Walker	Leroux et al, 2006c ; Albertini et al, 1999	30/11/17
Divisions et cystosquelette cellulaire	Microtubules - beta-tubuline	K2b	B1	1	-	Benzimidazoles (MBC)	carbendazime	Piétin-verse	<i>Oculimacula yallundae</i>	PSDCHE	Céréales	+	Résistance présente dans toutes les régions céréalières, à fréquence moyenne à forte.	HR	RLC tub2-E198A	80s	INRAE Grignon - A. S. Walker	Leroux et al, 2006c ; Albertini et al, 1999	30/11/17
Divisions et cystosquelette cellulaire	Microtubules - beta-tubuline	K2b	B1	1	-	Benzimidazoles (MBC)	carbendazime	Pourriture blanche	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	SCLESC	Colza	+	Résistance présente dans toutes les régions de production, à forte fréquence.	HR	RLC tub2-E198A	2000	INRAE Grignon - A. S. Walker	Kaczmar et al, 2000; Penaud et al, 2003; Penaud et Walker, 2016	30/11/17
Divisions et cystosquelette cellulaire	Microtubules - beta-tubuline	K2b	B1	1	-	Benzimidazoles (MBC)	carbendazime	Septoriose	<i>Zymoseptoria tritici</i>	SEPTTR	Blé	+	Résistance présente dans toutes les régions céréalières, à forte fréquence	HR	RLC tub2-E198A	< 90s	INRAE Grignon - A. S. Walker	Leroux et al, 2006a,b	30/11/17
Divisions et cystosquelette cellulaire	Microtubules - beta-tubuline	K2b	B1	1	-	Benzimidazoles (MBC)	carbendazime	Tavelure	<i>Venturia inaequalis</i>	VENTIN	Pommier	+	Résistance présente dans toutes les régions, à forte fréquence.	HR	RLC	1970s	Anses Lyon - B. Barrès, F. Rémuson	Martin et al, 1981	30/11/17
Divisions et cystosquelette cellulaire	Microtubules - beta-tubuline	K2c	B2	10	-	N-phényl-carbamates	diethofencarbe	Pourriture grise	<i>Botrytis cinerea</i>	BOTRCI	Vigne	+	Résistance présente dans tous les vignobles, rare, en décroissance, depuis l'abandon du diethofencarbe (cout de la résistance démontré).	HR	RLC tub2-F200Y	1990s	INRAE Grignon - A. S. Walker	Leroux et al, 2002; Walker et al, 2013	30/11/17
Divisions et cystosquelette cellulaire	Microtubules - beta-tubuline	K2c	B3	10	-	N-phényl-carbamates	diethofencarbe	Pourriture grise	<i>Botrytis cinerea</i>	BOTRCI	Tomate	+	Résistance détectée dans des populations champenoises, à fréquence moyenne; présence suspectée dans d'autres bassins de production	HR	RLC tub2-F200Y	2006	INRAE Grignon - A. S. Walker	Walker et al, 2015	08/07/20
Signalisation cellulaire	Polyols et osmorégulation - histidine kinase?	M1b	E3	2	-	Dicarboximides	iprodione, procymidone, vinchlozoline	Alternariose	<i>Alternaria brassicae</i>	ALTEBI	Chou	?	Résistance détectée dans plusieurs régions. Données anciennes.	MR	RLC?	<2004	INRAE Grignon - AS Walker	Iacomì-Valisescu et al, 2004; Avenot et al, 2005	30/11/17
Signalisation cellulaire	Polyols et osmorégulation - histidine kinase?	M1b	E4	2	-	Dicarboximides	iprodione, procymidone, vinchlozoline	Pourriture grise	<i>Botrytis cinerea</i>	BOTRCI	Tomate	+	Résistance détectée dans des populations champenoises à forte fréquence; suspectée dans d'autres régions	MR	RLC	2006	INRAE Grignon - AS Walker	Walker et al, 2015	08/07/20
Signalisation cellulaire	Polyols et osmorégulation - histidine kinase?	M1b	E5	2	-	Dicarboximides	iprodione, procymidone, vinchlozoline	Pourriture grise	<i>Botrytis cinerea</i>	BOTRCI	Vigne	+	Résistance détectée dans tous les vignobles à faible fréquence, sauf ponctuellement en relation avec le programme de traitement. Le cout associé à cette résistance contribue probablement à en limiter l'évolution.	MR	RLC? + RLNC efflux (MDR)	début1980s	INRAE Grignon - AS Walker	Leroux et al, 2002; Kreschmer et al, 2009 ; Leroux et al, 2010; Leroux et Walker, 2013	30/11/17

Signalisation cellulaire	Polyols et osmorégulation - histidine kinase?	M1b	E3	2	-	Dicarboximides	iprodione, procymidone, vinchlozoline	Pourriture blanche	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	SCLESC	Colza	(+)	Résistance présente dans toutes les régions de production, à faible fréquence, en décroissance (cout de la résistance probable).	MR	RLC?	début 80s	INRAE Grignon - A. S. Walker	Penaud et al, 2003 ; Penaud et Walker, 2016	30/11/17
Signalisation cellulaire	Polyols et osmorégulation - histidine kinase?	M1c	E2	12	-	Phénylpyrroles (PP)	fludioxonil	Pourriture blanche	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	SCLESC	Colza	(+)	Résistance rare, détectée ponctuellement.	HR	RLC	2005	INRAE Grignon - A. S. Walker	Penaud et al, 2003 ; Penaud et Walker, 2016	30/11/17